

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

NEGATIVNI UTJECAJ TOVILIŠTA TUNA NA OKOLIŠ

NEGATIVE IMPACT OF TUNA CAGES ON ENVIRONMENT

SEMINARSKI RAD

Lovro Ogresta

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentor: izv. prof. dr. sc. Petar Kružić

## SADRŽAJ

1	UVOD .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2	TOVILIŠTA TUNA .....	2
3	UTJECAJ NA OKOLIŠ .....	4
3.1	Utjecaj na hranidbeni lanac .....	4
3.2	Posidonia .....	6
6	LITERATURA .....	8
7	SAŽETAK .....	9
8	SUMMARY .....	10

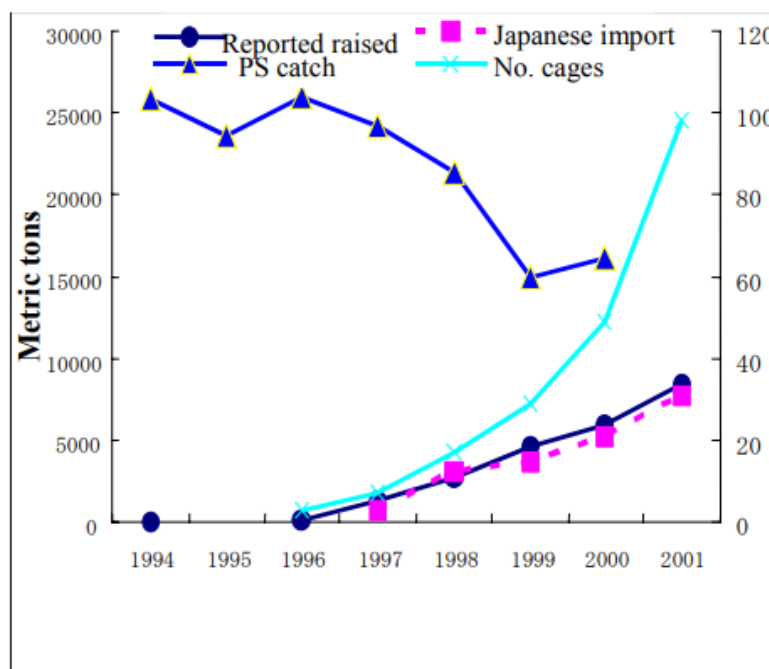
## 1 Uvod

Danas je potražnja za tunom veće nego ikada prije u povijesti čovječanstva. Svoj tržišni uzlet je doživjela sredinom 20. st. prodajom u konzerviranom obliku kada je postala lako dostupna potrošačima diljem svijeta. Ribari, potaknuti visokim rasponom cijena različitih veličina i kvalitete tuna, su odlučili prebaciti male i nisko cijenjene tune u kaveze i hraniti ih dok ne dosegnu željenu tržišnu vrijednost. Tako je nastalo prvo tovilište tuna čiji se model brzo proširio diljem svijeta i možemo ih naći od Australije do Kanade. Većina tune dostupne na tržištu dolazi upravo iz tovilišta čiji broj raste iz godine u godinu. S velikim uzletom korištenja ribljih kaveza došlo je i do pitanja njihovih utjecaja na okoliš. Velike količine hrane u obliku riba i peleta se dnevno bacaju u kaveze s malo obzira na posljedice. Primijećene su negativne promjene u ekološkim zajednicama u blizini ribljih kaveza koje se odražavaju u smanjenu broj vrsta i njihovih populacija. Najugroženije su livade posedonije (*Posidonia oceanica*) u Mediteranu koje služe kao stanište mnogim morskim vrstama, a izrazito su osjetljive na organska opterećenja uzrokovana akvakulturom. Sedimenti zagađeni organskim tvarima i mineralima iz ribljih kaveza mogu zadržati svoje povišene koncentracije i nekoliko godina nakon prestanka uporabe ribljih kaveza.

## 2 Tovilišta tuna

Kao jednom od komercijalno najtraženijih riba na svijetu tržište tunom je svake godine sve veće. U 2010. godini SAD su uvezle preko 314 000 tona tune u vrijednosti od 1,3 milijarde dolara. (WWF) Tako veliku potražnju tržišta za tunom velikim dijelom pokrivaju upravo tune iz uzgoja.

Prva tovilišta tuna započela su s radom u Kanadi krajem 60. godina 20. stoljeća inspirirana velikom razlikom cijena tune na japanskim tržištima. Tuna s poželjnom količinom masti kao glavnim kategorijom ocjene kvalitete znale su se prodavati za 900 \$ po kilogramu, dok bi se manje tune ili tune koje nisu zadovoljavale kriterije dobre kvalitete prodavale za samo nekoliko dolara po kilogramu. Kako bi izbjegli prodaju ulova po niskoj cijeni ribari su tune neadekvatne za tržište prebacivali u kaveze gdje su ih hranili narednih nekoliko mjeseci ili godina dok ne bi poprimile zadovoljavajuće karakteristike za prodaju po visokoj cijeni. Takav model se pokazao jako uspješnim što pokazuje i činjenica da se do kraja 20. st. otvorio veliki broj tovilišta tuna u Sredozemnom moru i Australiji. Danas se takav uzlazni trend nastavlja sa sve većim brojem tuna iz tovilišta na tržištu naspram onih iz ribolova. Tome ide u prilog i podatak da je u Sredozemnom moru 2001. godine preko 50 % ulova iz kružnih mreža plivarica (najzastupljenija metoda lova) završilo u tovilištima. (Miyake i De la Serna, 2003) Osim velike isplativosti tovilišta veliku ulogu u kontroli tržišta igraju i međunarodne agencije za zaštitu tuna poput ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas) koje ograničavaju količinu ulova tune koji je često manji od potencijala ribičkih flota. Promjene u podrijetlu tuna plasiranih na tržište vidljive su na slici 1.



**Slika 1.** Količina ulovljene tune kružnim mrežama plivalicama  
(PS catch) i one iz tovilišta

### **3 Utjecaj na okoliš**

Munjevitim porastom kaveznog uzgoja ribe diljem svijeta na godišnjoj razini od 8,8% između 1970. i 2004. g. pojavilo se pitanje održivosti takvog gospodarstva. Riblji kavezi proizvode veliku količinu organske tvari ponajviše u obliku zaostalih paleta kojima se ribe hrane i izmetu samih riba. (Diaz-Almela et al., 2008) Širok spektar promjena je zabilježen u blizini ribljih kaveza kao što su: povećan broj i aktivnost bakterija, promjene u strukturi bentičkih zajednica, povlačenje i uginuće bentičkih algi, akumulacija dušika i fosfora u sedimentu kao i mnogi drugi. Važno je napomenuti da je utjecaj ribljih kaveza puno izraženiji na bentos nego na plankton zbog akumulacije tvari u sedimentu. (Apostolaki et al., 2007)

#### **3.1 Utjecaj na hranidbeni lanac**

Velik broj istraživanja proveden je na području Mediterana koji je zbog velikog broja svojih uzgajališta i tovilišta na plitkim obalnim područjima bio idealan za promatranje utjecaja na bentos. Dosadašnja istraživanja na području Mediterana su pokazala da je utjecaj kaveza na bentičku makrofaunu ograničen na radijus od 25 m od ruba kaveza, ali se povišene koncentracije dušika i ugljika mogu izmjeriti i u radijusu od 1000 m. Jačina utjecaja je varirala od iznimno značajne do zanemarive, a ovisila je o jakosti morskih struja i vrsti sedimenta gdje su slabe morske stuje i fini sediment doprinosili degradaciji bentičke flore i faune. (Karakassis, 2001) U pravilu, bentičke zajednice u okruženju bogatom organskom tvari se ponašaju u skladu s Pearson i Rosenberg (1978) modelom. Kako organsko opterećenje raste dolazi i do porasta brojnosti vrsta što je popraćeno i porastom biomase. Ukoliko je opterećenje veliko i naglo doći će do eksponencijalnog rasta brojnosti oportunističkih vrsta te će u kratkom periodu dostići svoj vrhunac nakon čega slijedi strjelovit pad brojnosti uzrokovan anoksičnim uvjetima nakon bakterijske razgradnje uginulih organizama.

Iako bi bilo za očekivati da će porastom nutrijenata doći do eksplozije primarnih proizvođača i porasta klorofila a, a to ipak nije slučaj. Uzrok tome je zooplankton koji drži populaciju fitoplanktona pod kontrolom. U nutrijentima siromašnom oligotrofnom Sredozemnom moru trepetljikaši zauzimaju većinu niše primarnih potrošača. To su jednostanični organizmi (protozoa) koji su u stanju reagirati na povećanje hrane u okolini u roku od par sati u kojem periodu mogu udvostručiti svoju populaciju. Razlog tome je veličina fitoplanktona koji obitava u oligotrofnim morima, a koji je najviše zastupljen u pico- i nano-skupinama, koje kopepodi zbog njihove male veličine ne mogu efektivno konzumirati. Zbog toga oni imaju ključnu ulogu kao karika koja prenosi nutrijente iz mikro hranidbenog lanca u klasični hranidbeni lanac. To za uzrok ima povećanje brojnosti i biomase divlje ribe uz kaveze dok razina klorofila, a koji reflektira brojnost fitoplanktona ostaje nepromijenjena. Osim povećanja brojnosti divljih riba i morskih ježinaca nije zabilježen nikakav utjecaj ribljih kaveza na makrofaunu. U slučaju mezotrofnih i eutrofnih mora, pogotovo onih s povišenom koncentracijom otopljenog silicija, slika je nešto drugačija. Najzastupljenije zajednice primarnih proizvođača sastoje se od dijatomeja i dinoflagelata koji su znatno veći nego alge u oligotrofnim morima te mogu direktno služiti kao hrana kopepodima. (Pitta et al., 2009)

U sedimentu, unatoč jakoj bioprodukciji nisu pronađene velike količine organske tvari. Iako su vrijednosti organskog dušika i ugljika varirale između različitih lokaliteta bile su niske, pogotovo u odnosu na fosfor čija je koncentracija bila kontinuirano visoka na više testnih mjesta. To se može pripisati radu bakterija koje mogu jako brzo mineralizirati organsku tvar u sedimentu. U prilog tome ide i činjenica da je u moru i sedimentu pronađena visoka koncentracija sulfida koje bakterije uslijed porasta organske tvari koriste kao reducirajuće sredstvo u anaerobnim uvjetima. (Holmer et al., 2005)

## 3.2 Posidonija

Promjena u sastavu sedimenta imala je najveći utjecaj na livade posidonije (*Posidonia oceanica*) koja ima ključnu ulogu u ekosustavu Mediterana (slika 2.). Njezine livade su prisutne diljem Mediterana i služe kao izvor hrane za mnoge bentičke organizme, pružaju utočište od predacije i mjesto za razvoj ličinačkih i juvenilnih vrsta riba i člankonožaca, mijenjaju teksturu sedimenta i hidrodinamički režim i povećavaju kompleksnost staništa. Zbog velike produkcije organske tvari služe kao primarni izvor hrane za zajednice koje žive na livadama posidonije kao i za one izvan njih. (Kružić et al., 2014)



**Slika 2.** *Posidonia oceanica* sa zajednicom jedinki *Chromis chromis*

(<https://www.futurismoasinara.com>)

Utjecaj kaveza se odrazio u gustoći populacije posidonije, mortalitet ispod kaveza je strelovito porastao dok je s udaljenošću eksponencijalno padao što odgovara smanjenom doprinosu detritusa iz kaveza. Na 80 m udaljenosti od kaveza stopa smrtnosti se prepolovila, a tek na 400 m je bila u ravnoteži s brojem nastanka novih izdanaka. Postavljen je prag iznad kojeg se smrtnost povećava, a on iznosi  $50 \text{ mg m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$  za fosfor i  $1,5 \text{ g m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$  za organsku tvar. Razvoj novih izdanaka je bio izrazito nizak što odgovara normalnom životnom ciklusu posidonije i nije previše odudarao od kontrolne skupine. (Marbà et al., 2005) Predviđen je pad broja populacije na polovicu početne vrijednosti u periodu od 1 do 6 godina za livade na udaljenosti od 15 do 50 m, te njihov potpuni nestanak (smanjenje gustoće populacije > 90%) za 11 do 33 godine. (Holmer et al., 2008)

Promjene u fiziologiji posidonije kao i drugih epifita u okruženju bogatom nutrijentima su bile izražene, od kojih je najkonzistentnija bila promjena u ukupnoj količini dušika i omjeru dušikova izotopa ( $\delta^{15}\text{N}$ ) u odnosu na kontrolnu skupinu. Zabilježeno je ukupno povećanje fosfora, ponajviše u rizomu kao i smanjenje količine nestrukturnih ugljikohidrata u istom. Zbog dosljednosti ove se promjene mogu koristiti kao rani znakovi preopterećenja ekosustava nutrijentima prije samog pada populacije. Koncentracije sulfida u iznosu većem od  $10 \text{ }\mu\text{M}$  također su povezane s padom populacije Posidonije (Pergent-Martini et al., 2006).



## Literatura

Apostolaki, E.T., Tsagaraki, T., Tsapakis, M., Karakassis, I. (2007). Fish farming impact on sediments and macrofauna associated with seagrass meadows in the Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 75, 408–416.

Elena Diaz-Almela, Nuria Marba et. al (2008). Benthic input rates predict seagrass (*Posidonia oceanica*) fish farm-induced decline. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1332–1342.

Holmer M., Wildish D., Hargrave B. (2005). Organic enrichment from marine finfish aquaculture and effects on sediment processes. *Handb. Environ. Chem. Water Pollut. Environ. Eff. Mar. Finfish Aquac.* 5, 181–206.

I. Karakassis (2001). Ecological effects of fish farming in the Mediterranean. *Cah. Options Mediterranenes* 55, 15–22.

Marbà, N, Duarte C.M. et al. (2005). Direct evidence of imbalanced seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot population dynamics along the Spanish Mediterranean. *Estuaries* 28, 51–60.

Marianne Holmer, Marina Argyrou et al. (2008). Effects of fish farm waste on *Posidonia oceanica* meadows: Synthesis and provision of monitoring and management tools. *Mar. Pollut. Bull.* 56, 1618–1629.

Paraskevi Pitta, Manolis Tsapakis, Eugenia T. Apostolaki et al. (2009). “Ghost nutrients” from fish farms are transferred up the food web by phytoplankton grazers. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 374, 1–6.

Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., et al. (2006). Impact of fish farming facilities on *Posidonia oceanica* meadows: a review. *Mar Ecol* 27, 310–319.

Petar Kružić, Vjeročka Vojvodić, Elvira Bura-Nakić (2014). Inshore capture-based tuna aquaculture impact on *Posidonia oceanica* meadows in the eastern part of the Adriatic Sea. *Mar. Pollut. Bull.* 86, 174–185.

P.M. Miyake J.M. De la Serna (2003). General review of bluefin tuna farming in the Mediterranean area. *Col Vol Sci Pap ICCAT* 55, 114–124. - napišite i ovdje imena autora

Tuna | Industries | WWF.

## Sažetak

Tovilišta tuna su se razvila i proširila svijetom u kratkom periodu te su izgurala klasični ribolov kao većinski izvor tune na tržištu. Kao jednoj od najunosnijih i globalno raširenih grana akvakulture sve se više pažnje pridaje njihovom utjecaju na okoliš. Iako se za rad i održavanje ribljih kaveza ne koriste nikakve toksične tvari njihov negativni utjecaj na okoliš proizlazi iz velike količine organskog otpada u obliku ribljeg izmeta i ostataka hrane. Područja oko kaveza su općenito okarakterizirana povišenom bioprodukcijom i smanjenom koncentracijom kisika, a utjecaj ribljih kaveza se može osjetiti i do kilometar udaljenosti. Pronađene su povišene koncentracije otopljenog dušika i ugljika, a u sedimentu se redovito nalaze povećane količine fosfora i sulfatnih iona kao rezultat rada bakterija u anoksičnim uvjetima. Osim u sedimentu anoksični uvjeti mogu zavladata i u moru u slučaju da su struje slabe ili nepostojeće, a da je opterećenje dovoljno veliko što može uzrokovati velike ekološke štete. Takve promjene u okolišu imaju snažan utjecaj na lokalnu zajednicu, mijenjajući njezin sastav, a mogu i u potpunosti izbrisati pojedine vrste. Jedan od najugroženijih ekosustava je onaj koji ovisi o primarnoj produkciji posedonije (*Posidonia oceanica*) koja je izrazito osjetljiva na promjene u sedimentu te negativno reagira na njih i na udaljenosti od 400 m od ribljih kaveza. Povlačenjem posedonije stanište gubi velik broj mladih riba i člankonožaca koje u livadama posedonije pronalaze utočište i hranu.

## Summary

Tuna cages developed and spread over the world in a short period of time and replaced classical fishing as the major source of tuna in the market. As one of the most profitable and globally spread branches of aquaculture, its impact on the environment is being increasingly called attention to. Even though no toxic substances are used to maintain fish cages, they produce large amounts of organic waste in the form of fish excrement and food leftovers, thus leading to a negative environmental impact. The areas around cages are generally characterised by increased levels of bioproduction and reduced concentrations of oxygen, an impact of fish cages that can be felt up to a kilometer away. Elevated concentrations of nitrogen and carbon have also been found in the water. Increased amounts of phosphorus and sulfate ions, as a result of bacterial function in anaerobic conditions, are often found in the sediment. Other than the sediment, anaerobic conditions can occur in the sea in the case of currents being weak or non-existing and the organic load being high enough, which can cause great environmental damage. This sort of changes in the environment have a strong impact on the local biological community, changing its composition and sometimes even erasing certain species altogether. One of the most endangered ecosystems are ones that depend on primary production of posidonia (*Posidonia organica*) which is extremely sensitive to changes in the sediment and reacts badly to them even at a distance of 400 meters from a fish cage. The retreat of posidonia means that a number of small fish and arthropods living in the plains of posidonia will have lost their source of food and shelter.



